

3. Эскизный проект “Троллейбус гражданский большой вместимости двухсекционный с пониженным уровнем пола ЮМЗ ТЗ-к”. – Днепропетровск, 1992. – 322 с.
4. Инструкция по эксплуатации и обслуживанию троллейбуса ДАС-217Е. – Бухарест: Аутобузил, 1989. – 273 с.
5. Патент FR 5/25 №2.664.214. Токосприемник для железнодорожного транспорта. Публикация 91.01.10 №2.
6. БСЭ. Т.28. – М.: Советская энциклопедия, 1978. – 616 с.
7. Перспективы применения роторно-поршневых компрессоров на троллейбусах: Отчет по госбюджетной научной работе кафедры ГЭТ / Л.М. Крутий, Н.А. Голтвянский, П.М. Пушков, В.Г. Безуглый. – Харьков: ХГАГХ, 2000. – 20 с.
8. Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Повышение надежности работы двигателя ДК-408 // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.193-195.
9. Сухомлинов В.М. Трохоидные роторные компрессоры. – Харьков: Высш. шк., 1975. – 152с.
10. Френкель М.И. Поршневые компрессоры. Теория, конструкция, основы проектирования. – М. - Л.: Машгиз, 1960. – 655 с.
11. Источники и первичные преобразователи энергии / В.К. Терещенков, Б.Т. Кононов, Л.М. Крутий и др. – М.: МО СССР, 1979. – 554 с.
12. Долгалев В.А., Солнок А.А., Крутий Л.М., Голтвянский Н.А., Безуглый В.Г. Об установке на троллейбусах отечественного производства двухуглового роторно-поршневого компрессора // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.178-181.
13. Яминский В.В. Роторные компрессоры. – М.: Машиностроение, 1960. – 222 с.
14. Хамин Н.С., Чистозонов С.Б. Автомобильные роторно-поршневые двигатели. – М.: Машгиз, 1964. – 184 с.
15. Дорогуш Г.И. Электродвигатели трамвая и троллейбуса. – М.-Л.: Энергия, 1964. – 64 с.
16. Дизельные и карбюраторные электроагрегаты и станции: Справочник / Под ред. В.А. Андрейкова. – М.: Машиностроение, 1973. – 544 с.
17. Справочник по преобразовательной технике / Под ред. И.М. Чиженко. – К.: Техніка, 1978. – 447 с.
18. Патент UA №33822A «Электрокомпрессор» Бюл. №1, 2001 г.

Получено 19.03.2007

УДК 530.19

С.С.СЕЛІВАНОВ, д-р техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

В.Е.АБРАКІТОВ, канд. техн. наук

Харківська національна академія міського господарства

ЗАХИСТ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ВІД ТРАНСПОРТНОГО ШУМУ

Запропоновано в якості засобу захисту від транспортного вуличного шуму, використати облицювання звукопоглинаючими матеріалами саме горизонтальних поверхонь фасадів. Звукова енергія, що поступає від джерел шуму, попадаючи на нижню поверхню балконних плит (плит лоджій, нижні поверхні кондиціонерів, підвіконники тощо та всі інші горизонтальні елементи, що виступають на деякій висоті над зашумованим простором), не відбивається від неї, а залежно від величини коефіцієнта звукопоглинання застосованого матеріалу в тому чи іншому ступені поглинається в шарі звукопоглинача,

переходячи в теплову енергію. При визначених умовах вертикальні поверхні фасадів внутрішнього балконного простору перестають мати значимість при відбитті, а звук відбивається вже тільки від вищевказаних горизонтальних поверхонь.

Шум стає сьогодні все серйознішою проблемою великих міст, про яку більше і більше говорять медики, фізіологи, психологи, преса. Шум негативно впливає на самопочуття і працездатність, стає причиною підвищеної дратівливості. Надмірні шумові впливи можуть привести до серйозного порушення здоров'я, тоді як при зростаючих психічних навантаженнях, як ніколи, маємо потребу в тиші і спокої. Нормування їх рівнів сьогодні в Україні здійснюється цілою низкою нормативних документів, порушення яких неприпустиме та призводить до порушень нормального життєвого циклу людини, а також до багатьох різноманітних хвороб.

Проблема боротьби з шумом настільки гостро постала останнім часом у першу чергу в зв'язку з надзвичайною інтенсивністю транспортного руху. Вулицю центральної частини міста можна розглядати як вузький коридор, всередині якого відбувається багаторазове перевипромінювання звукової енергії. Завданням нашого дослідження є зменшення шумового забруднення в такій містобудівельній ситуації.

Відома ідея зменшення як прямого звуку, так і перевідбиття складається в облицюванні вертикальних площин фасадів (тобто стін будинків) звукопоглинаючими матеріалами [1]. Ідея є найскладнішою за рахунок принципової неможливості змінити архітектурний образ даної вулиці, що складався десятиріччями. Прозорі звукопоглиначі не існують; а облицювати звичайними звукопоглиначами фасад якогось пам'ятника архітектури ніхто не дозволить з-за порушення в такому разі його зовнішнього вигляду. А от, що буде, якщо розташувати звукопоглиначі не вертикально, а горизонтально?

Дослідження реверберації в шумних вузьких вуличних "коридорах" показують, що значна частина шуму перевідбивається не від вертикальних, а від горизонтальних площин фасадів будинків, наприклад, від нижніх поверхонь балконних плит. Більше того, залежно від взаємного розташування джерела (вуличного транспорту) та балконів в будинках, що обмежують вуличний простір, можливі умови, коли ця "значна частина" стає саме головною частиною відбитого шуму.

Запропонований нами спосіб захисту від шуму [2, 3] реалізують таким чином: нижню площину видимої частини плити балкону облицюють шаром звукопоглинального матеріалу (наприклад, [4]), закріплюючи його на плиті монтажними елементами, або закріплюючи клейовим розчином.

При цьому звукова енергія, що поступає від джерела шуму (транспортного потоку), потрапляючи на нижню площину плити балконів, не відбивається від неї на фасад і вікна будівлі, а поглинається шаром звукопоглинального матеріалу, переходячи в теплову.

На ділянку фасаду житлової будівлі, займану балконом, потрапляє звукова енергія від джерела шуму (транспортного потоку), частина якої, умовно позначена як $E_{огорождж}$, відбивається від його огороження вгору під кутом, що лежить в межах кутів $\angle \theta \div \angle \beta$ до горизонту, частково випробуючи дифракцію за нього. При типових значеннях висоти поверху будинку та висоти огороження його балконів площа передньої поверхні огороження балкону складає 43%. Отже, таким чином відбивається $E_{огорождж} \approx 40\%$ звукової енергії (рис.1).

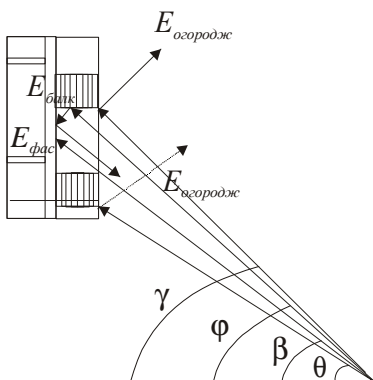


Рис. 1 – Розподілення загальної енергії звукової хвилі на три її складові при попаданні на балкон одного з поверхів. Для наочності величина $E_{огорождж}$ взята два рази: та, що відноситься безпосередньо до даного балкону, і для балкону наступного поверху.

Частина звукової енергії, що залишилася ($\approx 60\%$), падає прямо у внутрішній балконний простір, а саме $E_{фас}$ – на фасад (віконні та дверні отвори) і $E_{балк}$ – на нижню площину видимої частини плити вищестоящего балкону, та розподіляється між собою у співвідношенні, рівному відношенню кутів, відповідно

$$\frac{E_{фас}}{E_{балк}} = \frac{\angle \phi - \angle \beta}{\angle \gamma - \angle \phi},$$

де $E_{фас}$ – частина звукової енергії, що потрапляє прямо на фасад будівлі, Дж; $E_{балк}$ – частина звукової енергії, що потрапляє на нижню площину плити балкону або лоджії, Дж; $\angle \theta$ – кут нахилу до горизонту

променя, що виходить з центра джерела шуму в точку, яка належить нижньому ребру огороження балкону у вертикальній площині, град.;

$$\operatorname{tg} \angle \alpha = H / R ;$$

$\angle \beta$ – кут нахилу до горизонту променя, що виходить з центра джерела шуму в точку, яка належить верхньому ребру огороження балкону, град.;

$$\operatorname{tg} \angle \beta = (H + h_{oz}) / R ;$$

$\angle \varphi$ – кут нахилу до горизонту променя, що виходить з центра джерела шуму в точку, яка належить ребру приєднування балкону до фасаду будівлі, град.;

$$\operatorname{tg} \angle \varphi = \frac{H + h_{нов}}{R + r_{балк}} ;$$

$\angle \gamma$ – кут нахилу до горизонту променя, що виходить з центра джерела шуму в точку, яка належить наступному ребру приєднування огороження вищестоящего балкону до балконної плити, град.;

$$\operatorname{tg} \angle \gamma = \frac{H + h_{пов}}{R} ;$$

$h_{нов}$ – висота поверху, м; $h_{оз}$ – висота огороження балкону, м; $r_{балк}$ – глибина балкону, м (тобто один з його габаритних розмірів); H – позначка поверху будинку, м (тобто висота розташування балконної плити над рівнем ґрунту). Змінна H визначає розташування розрахункової точки на тій або іншій висоті східчастим чином, залежно від числа поверхів будинку (та висоти кожного поверху); R – відстань від джерела шуму до (крайньої точки) фасаду будівлі в плані, м.

Наприклад, балкон багатоповерхового житлового будинку при висоті поверху $h_{нов} = 3,0$ м має $h_{оз} = 1,2$ м, при глибині балкону $r_{балк} = 1,2$ м (рис.2).

При збільшенні (змінної) величини H кути θ , β , γ , φ змінюються в бік збільшення. При цьому $\angle \beta$ збільшується швидше, ніж $\angle \varphi$, і при деяких визначених умовах вони стають рівними ($\angle \varphi = \angle \beta$). Фізичний зміст цього явища полягає в тому, що та частина звукової енергії ($\approx 60\%$), що не відбивається від огороження балкону, а відбивається саме від поверхонь внутрішнього балконного простору, падатиме тільки лише на нижню площину плити балкону, і, відбиваючись від неї, потрапляє на фасад будівлі, що захищається (віконні і дверні отвори), а також відбивається назад у зовнішнє середовище. Таким чином, на

деяких (відносно малих висотах) відбиваючими поверхнями внутрішнього балконного простору є як вертикальні поверхні фасадів (із балконними дверима, вікнами) та горизонтальна поверхня (нижня площина) плити вищестоящего балкону; на інших, (більших) висотах поверхню, що відбиває, є тільки горизонтальна поверхня (нижня площина) плити вищестоящего балкону (рис.3). Такий випадок є частковим випадком загальної схеми з рис.2. Умова $\angle \beta = \angle \varphi$ здійснюється, коли:

$$\frac{H + h_{ог}}{R} = \frac{H + h_{пов}}{R + r_{балк}}.$$

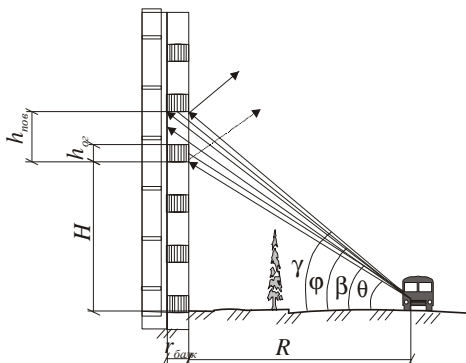


Рис.2 – Розрахункова схема щодо нашої пропозиції

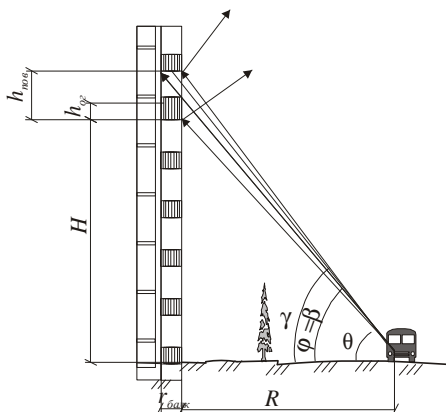


Рис.3 – На значній висоті над рівнем ґрунту та малій віддаленості джерела шуму від фасаду звук відбивається вже тільки саме від горизонтальних поверхонь (ефект «етажерки»)

Ми умовно назвали такий випадок відбиття звукових хвиль ефектом «етажерки»: вертикальні поверхні фасадів внутрішнього балконного простору перестають грати значимість при відбитті, а звук відбивається вже тільки саме від горизонтальних поверхонь. Побудова математичної моделі відбиття звукових хвиль від фасаду будинку потребує обов'язкового його врахування: тому що при визначених значеннях H та R в акустичних розрахунках слід враховувати частину звукової енергії $E_{фас}$, що потрапляє прямо на фасад будівлі; а при інших значеннях H та R – не слід. Неможливо безпосередньо визначити якусь аналітичну формулу, тому підбір співвідношення H та R при побудові математичної моделі можна здійснити шляхом ітерації. Для дослідження ефекту «етажерки» при відбитті нами була створена спеціальна комп'ютерна програма.

Всі без винятку величини, що входять у формулу «етажерки»

$$\frac{H + h_{оз}}{R} \geq \frac{H + h_{нов}}{R + r_{балк}},$$

є варіативними параметрами. Це ускладнює побудову математичної моделі. Але для кожного будинку, виходячи з його архітектурних креслень, можна чітко визначити величини висоти поверху $h_{нов}$, висоти огороження балкону $h_{оз}$, та глибини балкону $r_{балк}$. Ці величини беруться безпосередньо з креслень (або даних обмірювальних робіт) і можуть, звісно, варіюватися, – але в значно меншому ступені (наприклад, якщо в одному і тому ж будинку різна висота різних поверхів; балкони з різними геометричними параметрами – глибиною та висотою огороження). Створена нами комп'ютерна програма дозволяє змінювати такі вихідні дані для всіх випадків.

Основна роль створеної програми, однак, полягає в тому, щоб обчислити співвідношення величин H та R , тобто висоти розташування розрахункової точки над поверхнею ґрунту та її (горизонтальній) відстані від джерела шуму (в площині поверхні ґрунту). Програма дозволяє вводити варіативні дані в комірки, обведені рамкою. Найголовнішу роль при цьому відіграє введення величин H та R , тобто величин, що характеризують розташування розрахункової точки в просторі (при побудові карти шуму кількість таких розрахункових точок вимірюється тисячами, і, звісно, в деяких випадках залежно від геометрії розташування ефект «етажерки» треба враховувати, в деяких – ні). Програма видає кінцевий результат розрахунку у двох видах: чисельний, тобто обчислені значення тангенсів кутів β і φ ; та логічний – саме результат її порівняння. Якщо $\beta < \varphi$, тобто ефект «етажерки» при даних гео-

метричних параметрах не має місця, і в акустичних розрахунках потребується враховувати як $E_{\text{фас}}$, так і $E_{\text{балк}}$, програма відображає результат «ИСТИНА»; якщо ж $\beta > \varphi$, тобто вся звукова енергія відбивається тільки-но від горизонтальних площин $E_{\text{балк}}$, настає ефект «етажерки», і $E_{\text{фас}}$ не має місця, програма відображає результат «ЛОЖЬ».

З рис.4, 5 видно, що для однієї й тієї ж розрахункової точки, що знаходиться на відстані 13 м від фасаду багатоповерхового будинку (вісь однієї із смуг дорожнього руху на проїзній частині), на висоті до 18,2 м над рівнем ґрунту (тобто приблизно до 6 поверху найближчого будинку), ефект «етажерки» не має місця; але з висоти 18,2 м (тобто вже на рівні сьомого поверху) в акустичних розрахунках обов'язково потрібно його враховувати.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ПРОГРАМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПІВВІДНОШЕНЬ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВНУТРІШНЄ БАЛКОННЕ ВІДБИТТЯ, ШЛЯХОМ ІТЕРАЦІЇ									
2										
3	Формула:	$\angle \beta$	\leq	$\angle \varphi$	Досліджуються умови перевищення куту φ над кутом β					
4										
5	Формула:	$\frac{H + h_{\text{вх}}}{R}$	\leq	$\frac{H + h_{\text{вх}}}{R + r_{\text{балк}}}$						
6										
7		$h_{\text{вх}} =$	1,2	М	$h_{\text{нов}} =$	3	М	$r_{\text{балк}} =$	1,2	М
8										
9										
10	Формула (із підстановкою	$\frac{H+1,2}{R}$	\leq	$\frac{H+3}{R+1,2}$						
11	чисельних значень)									
12										
13	Змінні величини (варіативні дані вводяться в комірки, обведені рамкою)									
14		H=	17	М						
15		R=	13	М						
16										
17										
18	Підстановка	18,2	\leq	20						
19	чисельних значень	13		14,2						
20										
21	результат розрахунку	1,4	<	1,408451						
22										
23	логічний результат	ИСТИНА								
24										
25										

Рис.4 – Результати розрахунків за створеною нами програмою

Облицювання нижніх горизонтальних поверхонь фасадів є найбільш сприятливим та ефективним способом захисту житлових будівель від шуму. Воно є зручним при влаштуванні та експлуатації, не порушує традиційний архітектурний вигляд будинку, не впливає суттєво на погіршення його дизайну, забезпечує ефективність шумозахисту. За нашими розрахунками, такий захід шумозахисту дозволяє змен-

шити шум приблизно на 3 дБА на ділянці одного балкону або лоджії, які знаходяться на фасадах, що виходять на центральну вулицю міста.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ПРОГРАМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПІВВІДНОШЕНЬ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВНУТРІШНІ БАЛКОННІ ВИДБИТТЯ, ШЛЯХОМ ІТЕРАЦІЇ									
2										
3	Формула:	$\angle \beta$	\leq	$\angle \varphi$	Досліджуються умови перевищення куту φ над кутом β					
4										
5	Формула:	$\frac{H + h_{\text{пл}}}{R}$	\leq	$\frac{H + h_{\text{зав}}}{R + r_{\text{важк}}}$						
6										
7										
8		$h_{\text{ог}} =$	1,2	М	$h_{\text{зав}} =$	3	М	$r_{\text{бал}} =$	1,2	М
9										
10										
11	Формула (із підстановкою	$\frac{H + 1,2}{R}$	\leq	$\frac{H + 3}{R + 1,2}$						
12	чисельних значень)									
13										
14	Змінні величини (варіативні дані вводяться в комірки, обведені рамкою)									
15	H=	20	М							
16	R=	13	М							
17										
18	Підстановка	21,2	\leq	23						
19	чисельних значень	13		14,2						
20										
21	результат розрахунку	1,630769	$<$	1,619718						
22										
23	логічний результат	ЛОЖЬ								
24										
25										

Рис.5 – Результати розрахунків за створеною нами програмою

1.Борьба с шумом / Под ред. Е.Я.Юдина. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1964. – 701 с.

2.Сафонов В.В., Богданов Ю.В., Абракитов В.Э., Мелашич В.В., Диденко Л.М., Стрежекуров Э.Е. Шум реконструкции зданий и сооружений, проблемы его снижения на прилегающих территориях // Материалы науч.-техн. семинара «Актуальные проблемы акустической экологии и защиты от шума». – Севастополь, 2006. – С.121-130.

3.Сафонов В.В., Богданов Ю.В., Абракитов В.Э., Диденко Л.М., Мелашич В.В. Уменьшение шума на реконструируемых территориях // Строительство, материальное, машиностроение: Сб. науч. тр. Вып.38. – Днепропетровск, ПГАСА, 2006. – С.260-267.

4.Абракитов В.Э., Русова В.А. Многослойная звукопоглощающая панель // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.58. – К.: Техніка, 2004. – С. 239-243.

Отримано 26.02.2007